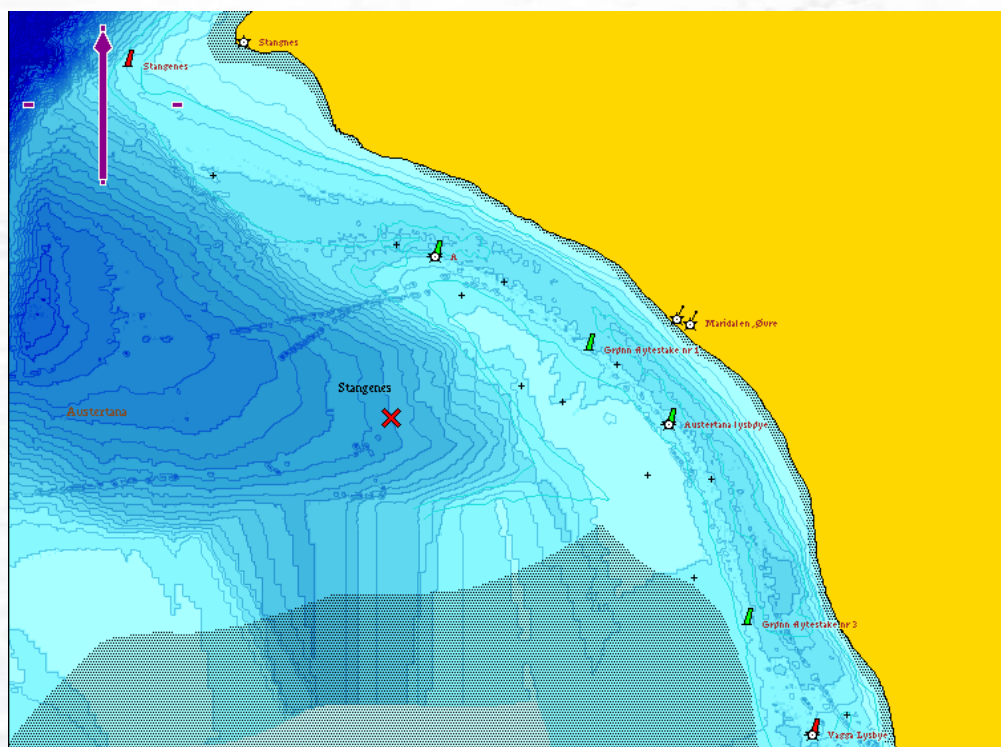


## Del 1: Resultater fra strømmålinger ved Leirpollen i Finnmark, mars – mai 2014



**Forsidebilde: Kart over ytre deler av fjordarmen Leirpollen i Tanafjorden, inkludert bunnkonturer. Strømmålingspunktet er illustrert med et kryss sør for Stangnes (kartkilde: Olex).**

**Akvaplan-niva AS**

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title****Del1: Resultater fra strømmålinger i Leirpollen i Finnmark, februar – mars 2014****Forfatter(e) / Author(s)**

Eli Børve

**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

6969.01

**Dato / Date**

29.07.2014

**Antall sider / No. of pages**

14 + 8

**Distribusjon / Distribution**

Gjennom oppdragsgiver

**Oppdragsgiver / Client**

Rambøll AS

**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Hans Olav Oftedal Sømme

**Sammendrag / Summary**

Denne rapporten presenterer strømmålingsresultater fra Leirpollen i Finnmark. Målingene ble utført i mars-mai 2014. Dypet på målepunktet var ca. 25 m, og det ble målt strøm gjennom hele vannsøylen ved hjelp av en profilerende strømmåler.

Både høyeste middelstrøm (12,7 cm/s) og størst variabilitet og sterkeste strøm ble målt nærmest overflaten på 6 m dyp. 90 % av målingene ble observert mellom 30,4 og 3,1 cm/s. Strømmen ble gradvis noe svakere med dypet og tilsvarende verdier på 24 m dyp var 6,4 cm/s middelstrøm. Og så variabiliteten i strømmen avtok med dypet og 90 % av målingene varierte mellom 2,2 og 21,9 cm/s.

Tidevannsstrømmer var dominerende i øst-vest retning, som også var hoved retningen på strømmen. I denne retningen kan tidevannskomponenten forklare hel 84 % av variabiliteten i strømmen. I nord-sør retning var strømmen forholdsvis svak og kun et lite bidrag fra tidevannskomponenten ble observert (forklarer kun 13 % av den totale variabiliteten i denne retningen).

**Prosjektleder / Project manager**

Frank Gaardsted

**Kvalitetskontroll / Quality control**

Tore Hattermann

© 2014 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	2
1 INNLEDNING .....	3
2 METODIKK.....	4
2.1 Instrument og målemetode .....	4
2.2 Dataanalyse og visualisering .....	5
3 RESULTATER.....	6
3.1 Strømstyrke.....	6
3.2 Strømretning .....	7
3.3 Variabilitet .....	9
3.4 Tidevannsstrøm og reststrøm .....	11
4 DISKUSJON .....	13
5 REFERANSER.....	14
APPENDIKS 1 .....	15

# Forord

---

Kystverket har engasjert Rambøll AS til å utføre strømmålinger ved Leirpollen i Finnmark. I Rambølls oppdrag for Kystverket er Akvaplan-niva AS leverandør av oseanografiske tjenester og har derfor gjennomført arbeidet som presenteres i denne rapporten. Undersøkelsene er gjennomført i forbindelse med planlegging av mulig fremtidig deponering av mudringsmasser i området.

Følgende personer har deltatt i arbeidet:

Frank Gaardsted	Akvaplan-Niva	Prosjektleder
Eli Børve	Akvaplan-Niva	Dataanalyse og rapportering
Øyvind Leikvin	Akvaplan-Niva	Utsetting av strømmåler

Tromsø, 26.08.2014



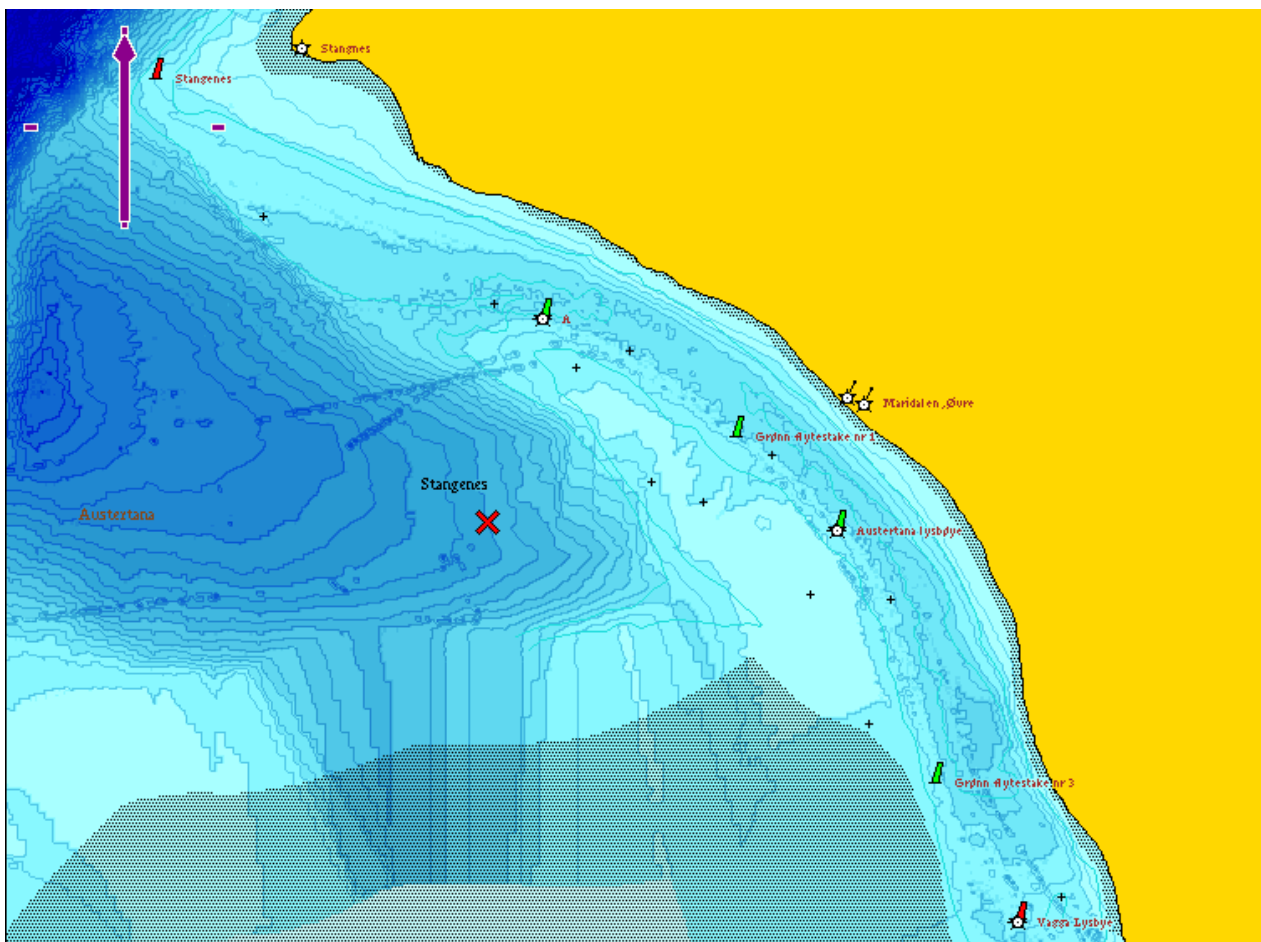
Frank Gaardsted

Prosjektleder

# 1 Innledning

---

I denne rapporten presenteres det resultater fra én måned med strømmålinger fra Ytre Leirpollen i Finnmark (Figur 1). Måleren var plassert på 25 m dyp sørøst for Stangnes, ved inngangen til fjordarmen. Resultatene som presenteres her gir et inntrykk av strømbildet i området, men det er viktig å huske på det kan forekomme store variasjoner og at strømmen på et gitt tidspunkt og i et annet område kan avvike betydelig fra resultatene som presenteres her.



Figur 1. Oversiktskart. Krysset markerer posisjonen til strømmåleren (kartkilde: Olex).

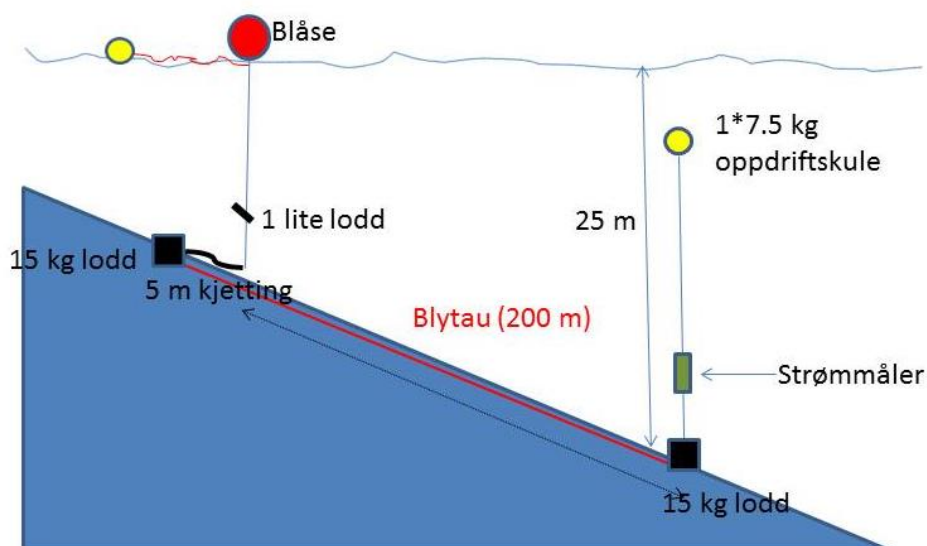
## 2 Metodikk

### 2.1 Instrument og målemetode

Det ble brukt en Aquadopp Profiler (vertikalprofilerende ADCP; Acoustic Doppler Current Profiler, Nortek AS) for innsamling av strømdata. Måleren ble satt ut 28.3.2014 og tatt opp 11.5.2014. Instrumentet stod på ca. 25 m dyp, én meter over bunnen (Figur 2).

Ved hjelp av akustiske signaler og doppler effekten, er måleren i stand til å måle strøm i hele vannsøylen ovenfor instrumentet. I dette tilfellet ble det målt hastighet hvert 10. minutt. Data fra følgende dyp presenteres her: 6 m, 9 m, 12 m, 15 m, 18 m, 21 m og 24 m. I tillegg til strøm, ble det også målt trykk og temperatur. Disse sensorene var plassert på selve instrumentet og målte kun på instrumentdypet, dvs. ca. 25 m.

Lengdegrad	28°24.301'Ø
Breddegrad	70°31.991'N
Måleperiode	28.03.2014 – 11.05.2014
Dybde på måleinstrument	Ca. 25 m (1 m over havbunn)
Måleinstrument	Aquadopp Profiler (Nortek AS)
Måledyp - strøm	6 m, 9 m, 12 m, 15 m, 18 m, 21 m, 24 m
Andre sensorer	Trykk og temperatur
Sampling intervall	10 min



Figur 2. Riggskisse. Svarte firkanter er lodd, røde og gule sirkler er blåser/ flytekuler.



## 2.2 Dataanalyse og visualisering

Strøm varierer både i styrke og retning over tid, og det kan derfor være vanskelig å illustrere alle trekk ved strømbildet i én figur. I kapittel 3 presenteres et utvalg figurer for å oppsummere hovedtrekkene ved måleresultatene. Noen andre måter å visualisere dataene på er inkludert i Appendiks 1.

Variasjonen i strøm kan skyldes en rekke faktorer som for eksempel vind og ferskvannstilførsel. For å studere disse prosessene i detalj kreves en betydelig mer omfattende undersøkelse enn det som er gjennomført her. Tidevannsstrømmer er imidlertid et regelmessig fenomen som ofte kan estimeres basert på strømmålinger alene, gitt at måleserien er lang nok. I dette prosjektet ble det målt strøm i ca. en måned, noe som er tilstrekkelig for en brukbar analyse. Ettersom periodene til de ulike komponentene av tidevannet er kjente, kan man søke systematisk etter dem i måleserien og dermed estimere tidevannets bidrag til variabiliteten i det totale strømbildet. Den vanligste teknikken for å gjøre dette kalles harmonisk analyse. Den harmoniske analysen i denne studien ble utført med programvaren MATLAB og programpakken T-Tide (Pawlowicz et al., 2009). Tidevannsstrømmer i forholdvis grunne områder varierer ofte lite med dypet (barotrop strøm) og tidevannsanalysen er derfor utført for vertikalmidlet strøm, og ikke for hver dybde.

## 3 Resultater

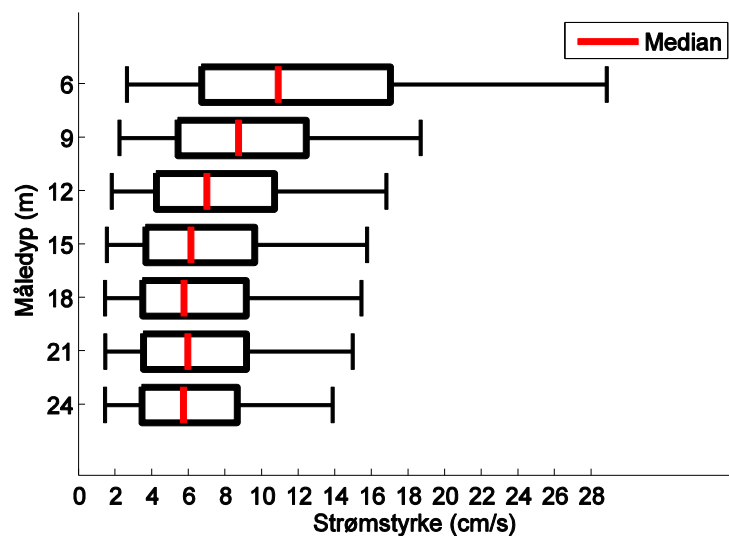
---

### 3.1 Strømstyrke

Et boks-plot over strømstyrke uavhengig retning for ulike dyp er vist i Figur 3. De røde linjene viser medianen av strømstyrken (dvs. den midterste verdien i strømstyrke sortert i rekkefølge) ved hvert målepunkt og gir en indikasjon av den mest vanlige strømstyrken under måleperioden. De svarte boksene og «flaggene» i figuren viser fordelingen av strømstyrke og ekstremverdier som forekom i den målte tidsserien, med nærmere forklaring i figurteksten.

Figur 3 viser en todeling av vannsøylen. I det øverste laget (6 m dyp) ble det observert sterke strømstyrker med stor spredning i løpet av måleperioden. Fra 9 m og dypere i vannsøylen var både størrelsen og spredningen på strømstyrken redusert. En forholdsvis stor reduksjon i strømstyrke var observert i de øverste tre målte meterne (fra 6 m til 9 m dyp), mens dypere i vannsøylen var det et mer homogent strømstrykefelt. Nærmest overflaten på 6 m dyp var 90 % av målingene mellom 3,1 cm/s og 30,4 cm/s (mellom 5 % og 95 % i en kumulativ fordeling av strømstyrkene, den øverste og nederste horisontale linje på Figur 3, se også Figur 11 i Appendiks 1). 50 % av målingene på 6 m dyp lå mellom 7,6 cm/s og 19,1 cm/s og medianen var 12,7 cm/s. Målingen nærmest bunn (46 m) på den andre siden, viste at 90 % av målingene lå mellom 2,2 cm/s og 21,9 cm/s, derav de 50 % vanligste strømhastighetene lå mellom 5,6 og 13,8 cm/s. Medianen på dette dypet ble målt til 9,1 cm/s.

Også strømstyrker høyere enn det som er vist i Figur 3 ble observert i måleperioden, der de høyeste verdiene var opp mot 50 cm/s på det meste (se Figur 9 og Figur 10 i Appendiks 1). Verdier utenfor 95-prosentilet regnes som enkeltstående tilfeller og regnes ikke som normal tilstand for måleperioden. Dersom en antar at resultatene for vår måleperiode er representativ for normaltstanden til strømstyrken for denne lokaliteten (noe vår måleserie er for kort til å kunne fastslå), kan man forvente strømstyrker over 95-prosentilet ved 5 av 100 målinger. Men dette er selvsagt avhengig av vær og vind forhold på de gitte tidspunktene.



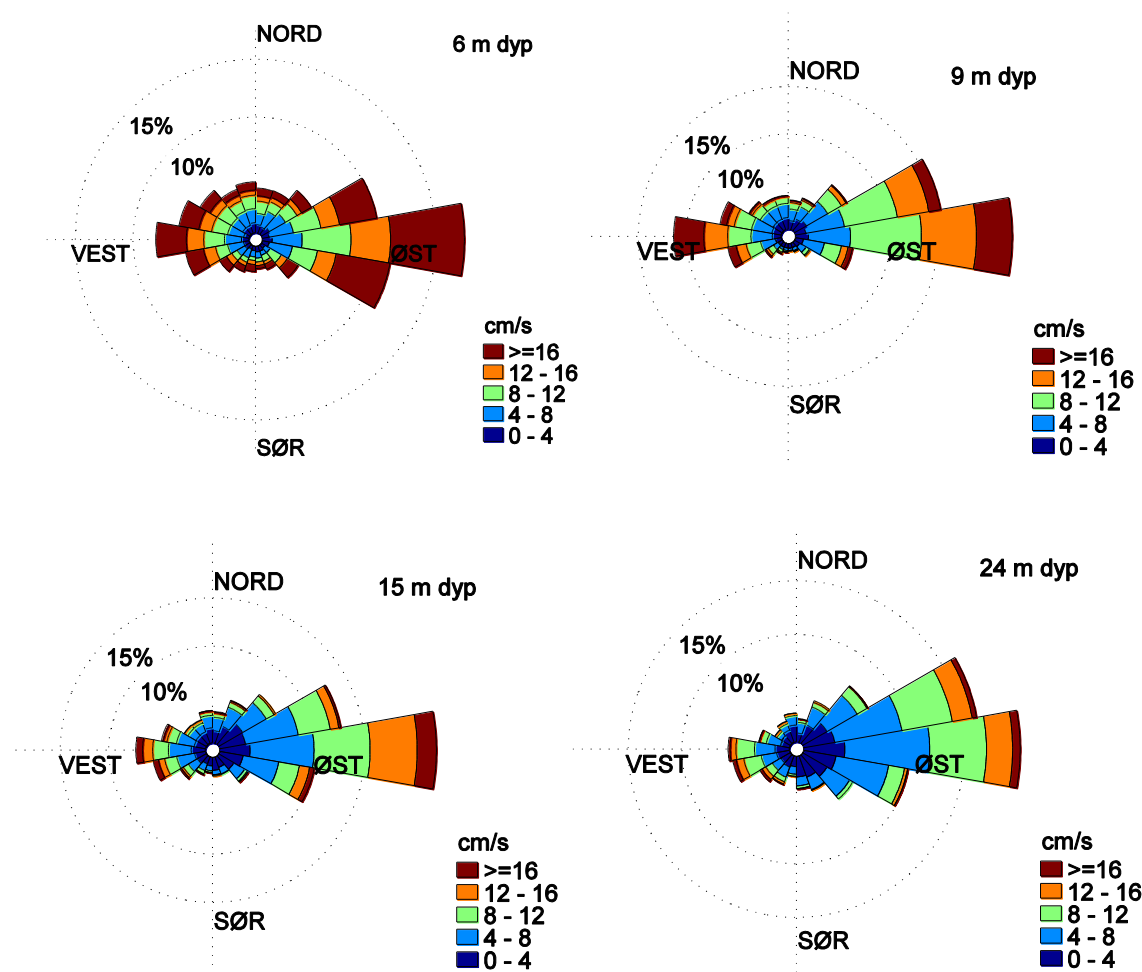
Figur 3. Boks-plot med strømstyrke på alle dyp. Den svarte boksen viser spennet i strømstyrke mellom 25-prosentil til 75-prosentil, dvs. at den inkluderer 50 % av alle målingene. Den røde linja viser medianen, dvs. den midterste verdien i strømstyrke sortert i rekkefølge. De svarte horisontale linjene viser 5-prosentil og 95-prosentil, dvs. at 90 % av alle målingene ligger innenfor disse linjene.

### 3.2 Strømretning

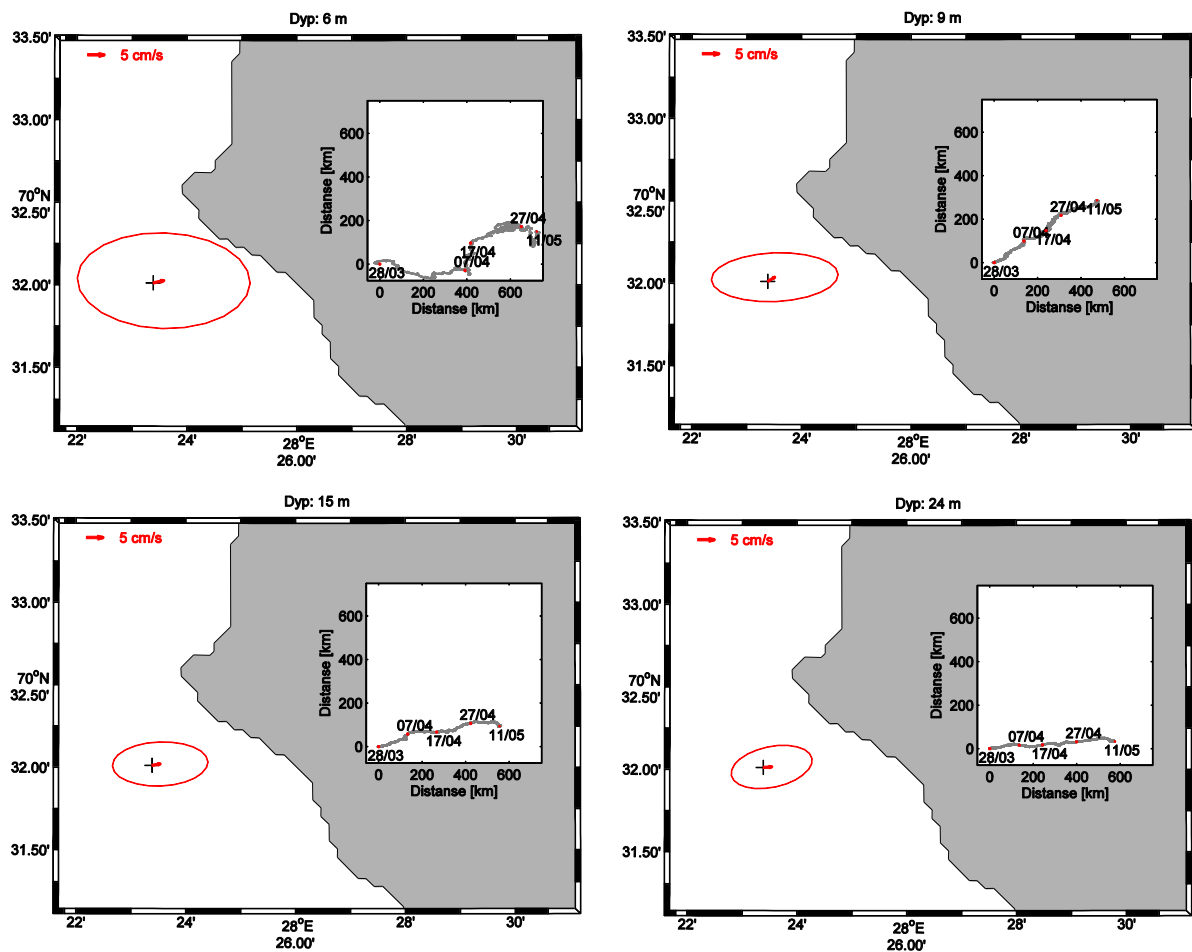
Retningsfordelingen til strømmen er vist i Figur 4. Da det var en forholdsvis homogen vannsøyle under 9 m dyp i dette området er det valgt ut tre dyp i tillegg til det øverste laget for å representere de ulike delene av vannsøylen: topplaget (6 m), midtre deler av vannsøylen (9 m og 15 m) og bunnlaget (24 m). To dominerende strømretninger ble observert for hele vannsøylen. I hovedsak skiftet strømretningen mellom øst-vest.

Kart med gjennomsnittshastighet og tilhørende variansellipse for de ulike dypene er vist i Figur 5. Variabiliteten i strømmen var størst ved overflaten og ble redusert nedover i vannsøylen. Dette vises igjen ved en stor variansellipse sammenlignet med midlet strømhastighet. I øverste panel i Figur 5, plot for 6 m dyp, var det observert sterke strømstyrker i alle retninger, men med en svak netto-strøm (tidsmiddel av strømvektoren) i øst-vest. Dypere i vannsøylen var variabiliteten hovedsakelig rettet i øst-vest retning. Og var samtidig mye svakere sammenlignet med midlet strømhastighet. Den midlere strømvektor var 3,2 cm/s for det øverste laget og 2,5 cm/s dypere i vannsøylen.

Til høyre på kartene i Figur 5 er et plot som viser et progressivt vektordiagram for måledypet. Noter at lengeskala for dette plottet ikke samsvarer med lengeskala på kartet. Dette diagrammet viser hvordan en partikkel med samme oppdrift og egenvekt som vannmassen ville beveget seg gjennom måleperioden. Dette er gitt en antakelse om at partikkelen er eksponert for de samme strømforholdene som målt ved riggen til en hver tid. I løpet av denne måleperioden var det en nettoforflytting på mellom 550 og 650 m i østlig retning og mellom 50 og 300 m i nordlig retning, avhengig av dypet (størst forflytning øverst i vannsøylen). På 6 m dyp var det stor bevegelse i alle retninger, mens nedover i dypet observerte man en mer rettlinjert bevegelse i østlig retning hos de tenkte partiklene.



Figur 4. Retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke (se fargeskala). For eksempel, jo mer lyseblå farge i en sektor, desto mer strøm med styrke 4 cm/s – 8 cm/s i den retningen. Representert i figuren er 6, 9, 15 og 24 m dyp.

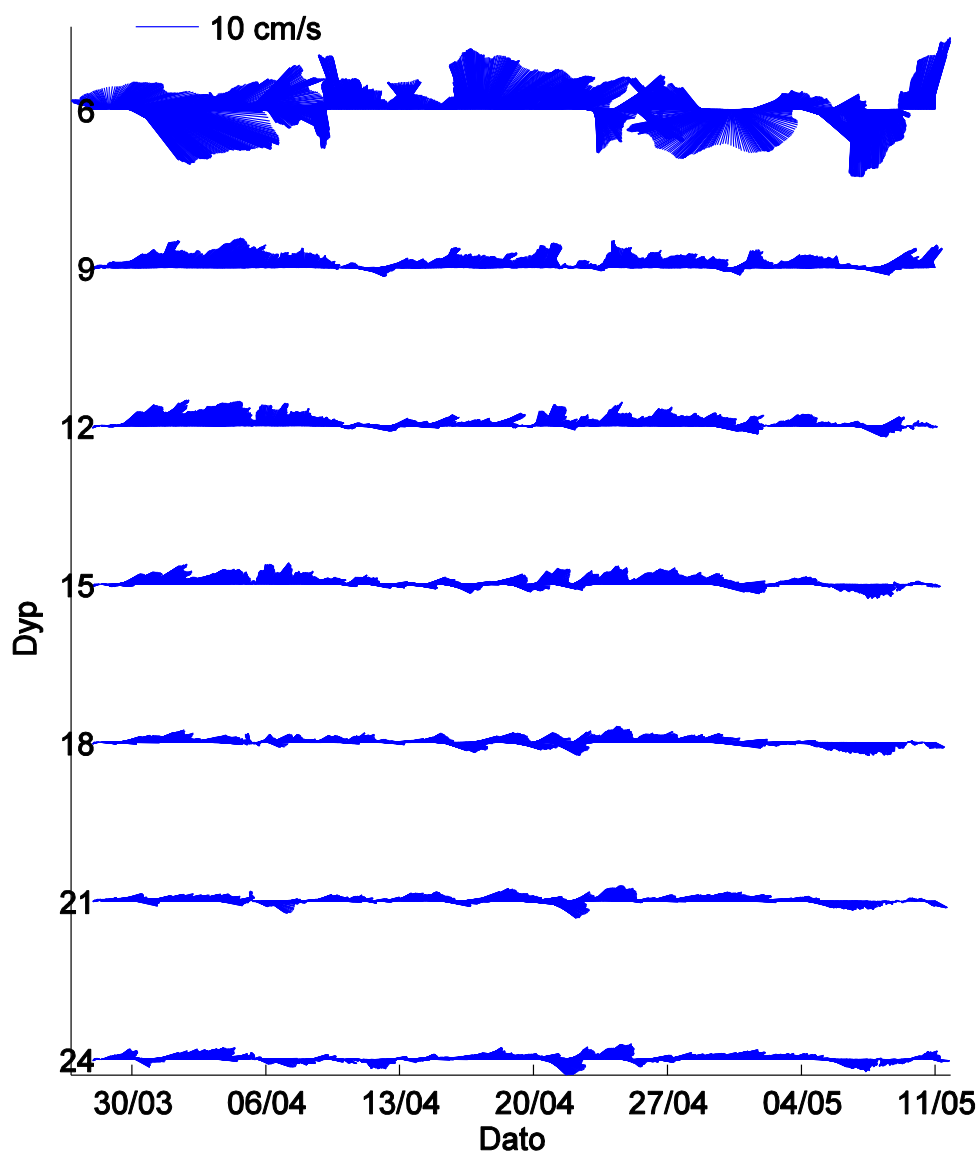


Figur 5. Kart over området med rigg posisjon (svart kryss) og netto-strøm for måleperioden (rød pil). Den røde kurven viser variansellipsen for strømhastigheten. Denne gir et visuelt inntrykk av variabiliteten i både strømrretning og styrke. Tilfeller med liten pil i forhold til variansellipsen tyder på det var stor variabilitet i strømmen med en netto-strøm der komponentene i ulike retninger kompenserer hverandre over tid. Eksempel på dette kan være tidevann som strømmer frem og tilbake, men over tid ikke vil ha noe særlig netto-strøm i noen retning. Den røde pilen i venstre hjørnet viser skaleringen av hastighetspilen og representerer 5 cm/s. Størrelsen på variansellipsen tilsvarer et standardavvik av strømvvariabiliteten, dvs. at 68% av variabiliteten estimert fra måleperioden lå innenfor denne variansellipsen. Til høyre i figuren vises progressive vektor diagram. Noter at lengeskala i disse figurene ikke samsvarer med lengeskala på kartet. Dette diagrammet viser hvordan en partikkel med samme oppdrift og egenvekt som vannmassen ville beveget seg gjennom måleperioden. Representert i figuren er 6 m, 9 m, 15 m, 24 m dyp.

### 3.3 Variabilitet

Tidsserier med daglig midlet strømhastighet for de ulike måledypene er vist i Figur 6. Tidsseriene er midlet over 24 timer for å visuelt gi et bedre bilde av strømfeltet. I hovedtrekk ser vi at strømmen varierte lite med dypet under 9 m. I det øverste laget var det sterke strømstyrker og stor tidsvariabilitet både i retning og styrke gjennom hele måleperioden.

De dypere lagene hadde hovedsakelig en 42 timers midlet strøm i nord-nordøstlig retning gjennom hele perioden, med en gradvis avtakende strømstyrke med dypet.



Figur 6. Strømhastighet på alle dyp gjennom måleperioden. De blå pilene viser strømstyrke og retning gjennom tidsserien, der nord er oppover, sør nedover, øst mot høyre og vest mot venstre. Lengden på en strømhastighet på 10 cm/s er vist ved linjen øverst i figuren. Data serien er midlet med 1 dags løpende midling for bedre visualisering av strømmønsteret på tidsskala over 24 timer.

### 3.4 Tidevannsstrøm og reststrøm

For å skille ut tidevannskomponenten av strømmen ble det foretatt en harmonisk analyse av vertikalmidlet strøm.

Strømhastigheten ble først midlet over to timer for å fjerne målestøy fra tidsserien før analysen ble utført. Resultatene fra den harmoniske analysen ble brukt til å reprodusere tidevannsbidraget i måleserien ved hjelp av en tidevannsmodell (t\_tide, Pawlowicz, 2007). Den målte trykkvariasjonen og resultatet av tidevannsanalysen er vist i Figur 7.

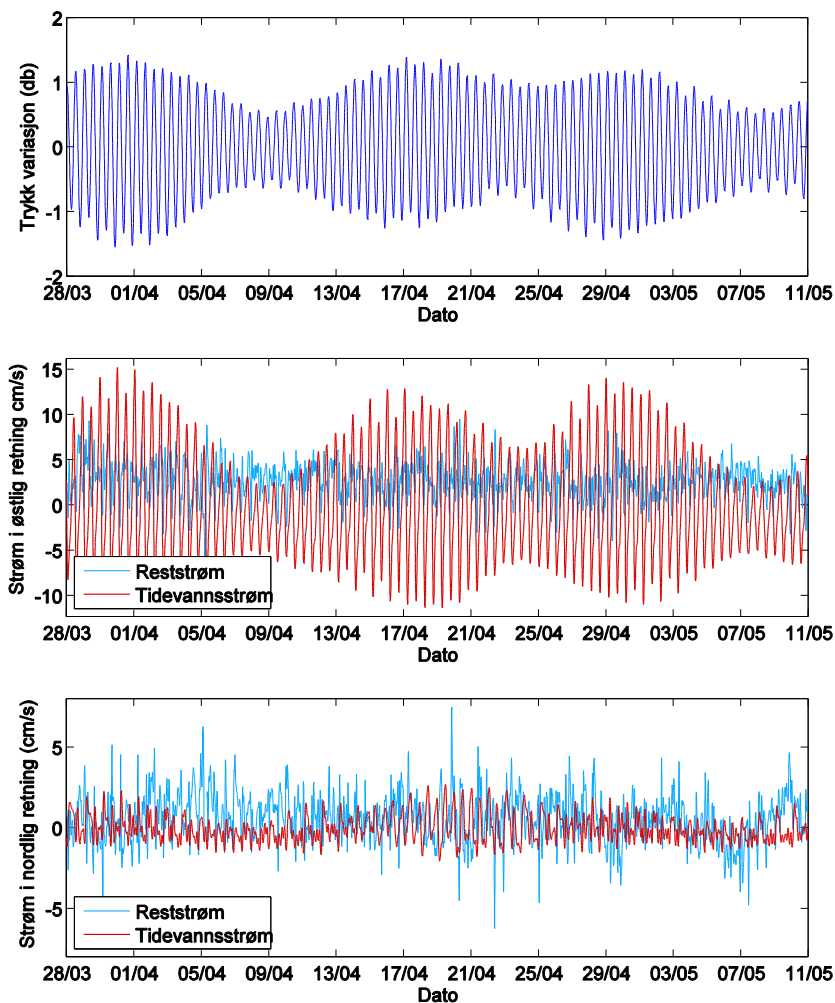
Den øverste kurven i Figur 7 viser variasjonen i trykket (middelverdien er trukket fra) som målt på instrumentet. Trykket bestemmes i hovedsak av tyngden av vannet over måleinstrumentet, og ettersom vannstanden fortrinnsvis varierer med tidevannet, gir trykkmålingene en god indikasjon på tidevannsvariasjon i området.

Tidevannssignalet i trykkmålingene var tydelig med flo og fjære ca. to ganger per dag (halvdaglig), i tillegg til en halvmånedlig variasjon i amplituden til flo/fjære. Dette er et vanlig variasjonsmønster i Nord-Norge. Det ble også estimert en tidevannskomponent i strømmen på lokaliteten (vist ved rød kurve). En sterk tidevannskomponent var observert i øst-vest retning. Denne reflekterer variasjonsmønsteret i trykkmålingene med både halvdaglige og halvmånedlige svingninger. I nord-sør retning på den andre siden var tidevannssignalet nesten neglisjerbart, med kun en svak daglig komponent. Maksimal tidevannsstrøm var 15,6 cm/s og gjennomsnittlig tidevannsstrøm var 5 cm/s.

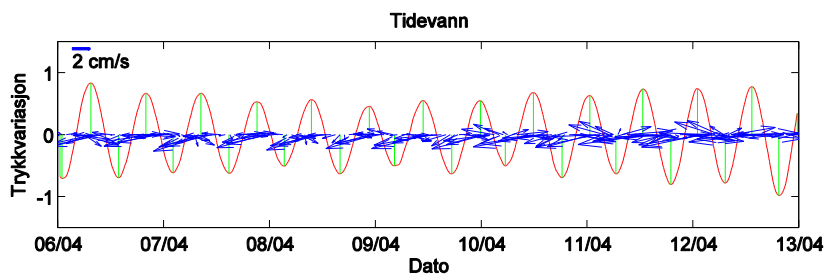
Tidevannsstrømmen var hovedsakelig rettet mot øst på stigende vannstand og mot vest på synkende vannstand (Figur 8). Det er viktig å notere seg at tidevannskomponentene er estimater fra en tidevannsmodell og ikke reelle målinger.

Reststrømmen i måleperioden varierte mye i styrke og retning. Maksimal styrke på reststrømmen var 19,9 cm/s, men så høye verdier var forholdsvis sjelden og reststrømmen var vanligvis svakere enn tidevannsstrømmen og hadde en middelverdi på 3,8 cm/s.

Tidevann kan forklare 43 % av variasjonen i strømstyrken observert i måleperioden. Den mest dominerende komponenten av tidevann var i øst-vest retning og kunne forklare hele 84 % av variasjonen i denne retningen. I nord-sør retning på den annen side var tidevannskomponenten svak og kan kun forklare 13 % av den totale variasjonen i denne retningen.



Figur 7. Trykkvariasjon (øverst) og estimert tidevannsstrøm og reststrøm (midten og nederst). Tidevannsanalysen er basert på vertikalmidlet strøm og er dekomponert i strøm mot øst (midten) og strøm mot nord (nederst). Hastighetstidsseriene er midlet med to timers løpende midling. Negative verdier indikerer strøm mot vest og sør. Den røde kurven viser estimert tidevannsstrøm, og den blå kurven viser reststrømmen (strømhastighet som ikke kan forklares ved tidevannskrefter). Den totale strømmen er summen av tidevannsstrømmen og reststrømmen. Noter at skalaen på y-aksene er ulik for østlig og nordlig strømstyrke.



Figur 8. Estimert tidevannsstrøm fra én uke i april 2014. Blå piler viser retning og styrke til estimert tidevannsstrøm. Resultatet er basert på harmonisk analyse av vertikalmidlet strøm. Den røde kurven viser variasjonen i trykket som ble målt av trykksensoren på strømmålerinstrumentet. Mittelverdien er trukket fra slik at kurven varierer rundt null. Dette er en god approksimasjon på vannstandsvariasjonen. De grønne vertikale linjene markerer tidspunkt for flo og fjære.



## 4 Diskusjon

---

En rekke faktorer er med på å bestemme strømbildet i et område. Strømmen på et gitt sted vil til enhver tid påvirkes av ulike drivkrefter der noen opptrer regelmessig mens andre er uregelmessige. Strømmer påvirkes blant annet av vannstandsvariasjoner på grunn av tidevann, ferskvannstilførsel, vind, topografi, og potensielt også storskala sirkulasjon i det større området som målelokaliteten er en del av. Sirkulasjonen i kystnære områder kan derfor være komplisert og ofte svært variabel, både i tid og rom.

Lokaliteten ved målingen ved Leirpollen er i munningen av fjordarmen inn til Leirpollen. Den store variasjonen i det øverste laget er nok til en stor grad påvirket av hoved sirkulasjonsmønsteret i fjordarmen (strøm parallelt med land ut av fjorden i nord). Og er i tillegg mer utsatt for vær og vind både lokalt og lenger ute i fjorden. Vannsøylen har en sjikting mellom et ferskt overflatelag over 6 meter og et saltere forholdsvis homogent lag dypere i vannsøylen (Figur 17). Denne sjiktingen gjør at de dypere lagene forblir mer upåvirket av de ytre påvirkningene ved overflaten.

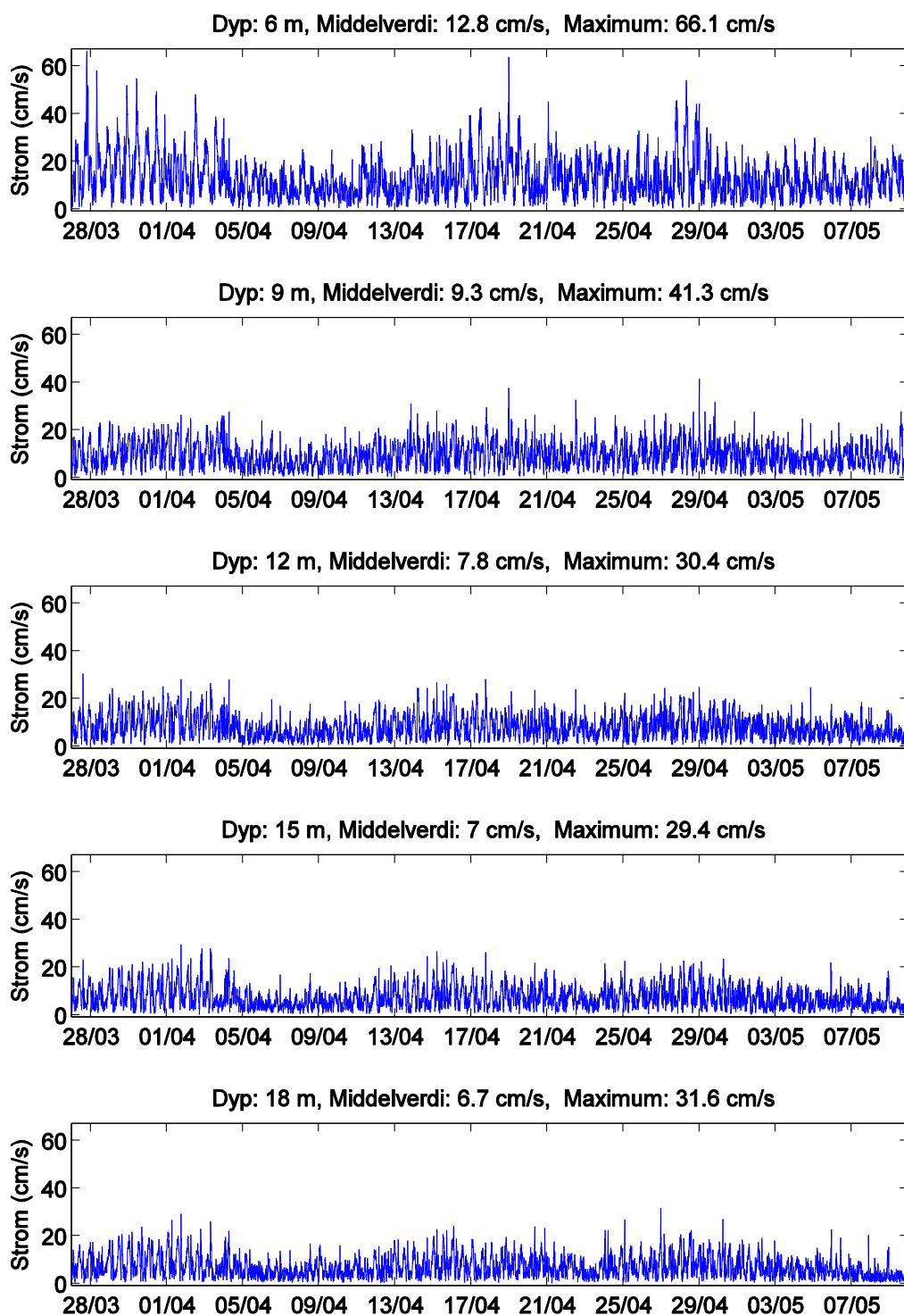
Et søkk i bunntopografien i øst-vest retning på denne lokaliteten er mest sannsynlig med på å diktere hovedretning på strøm og retning på tidevannsbølga for denne lokaliteten, spesielt for de dypere lagene.

## 5 Referanser

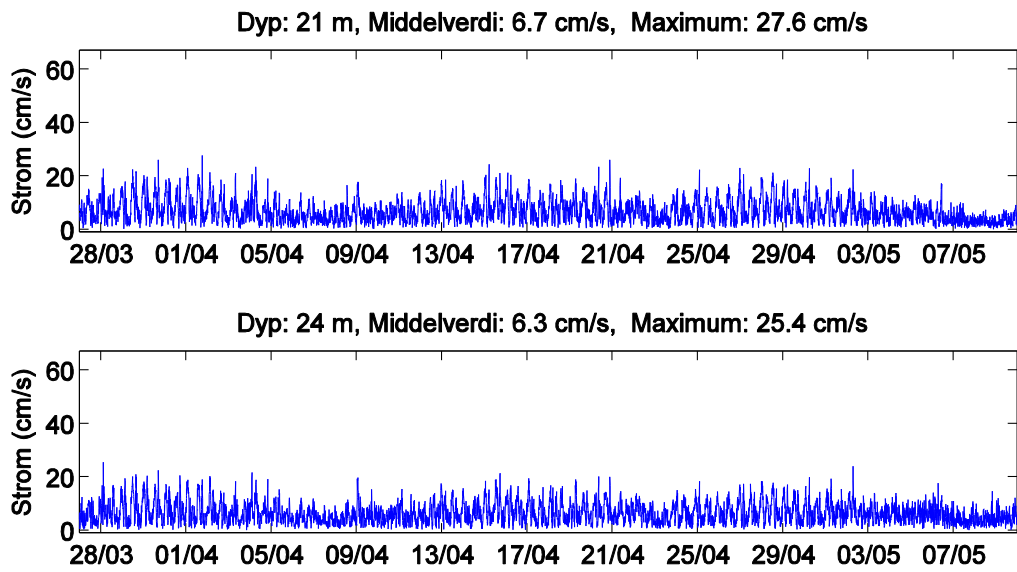
---

**Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz**, "Classical Tidal "Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using t\_tide", Computers and Geosciences, 28, 929-937 (2002).

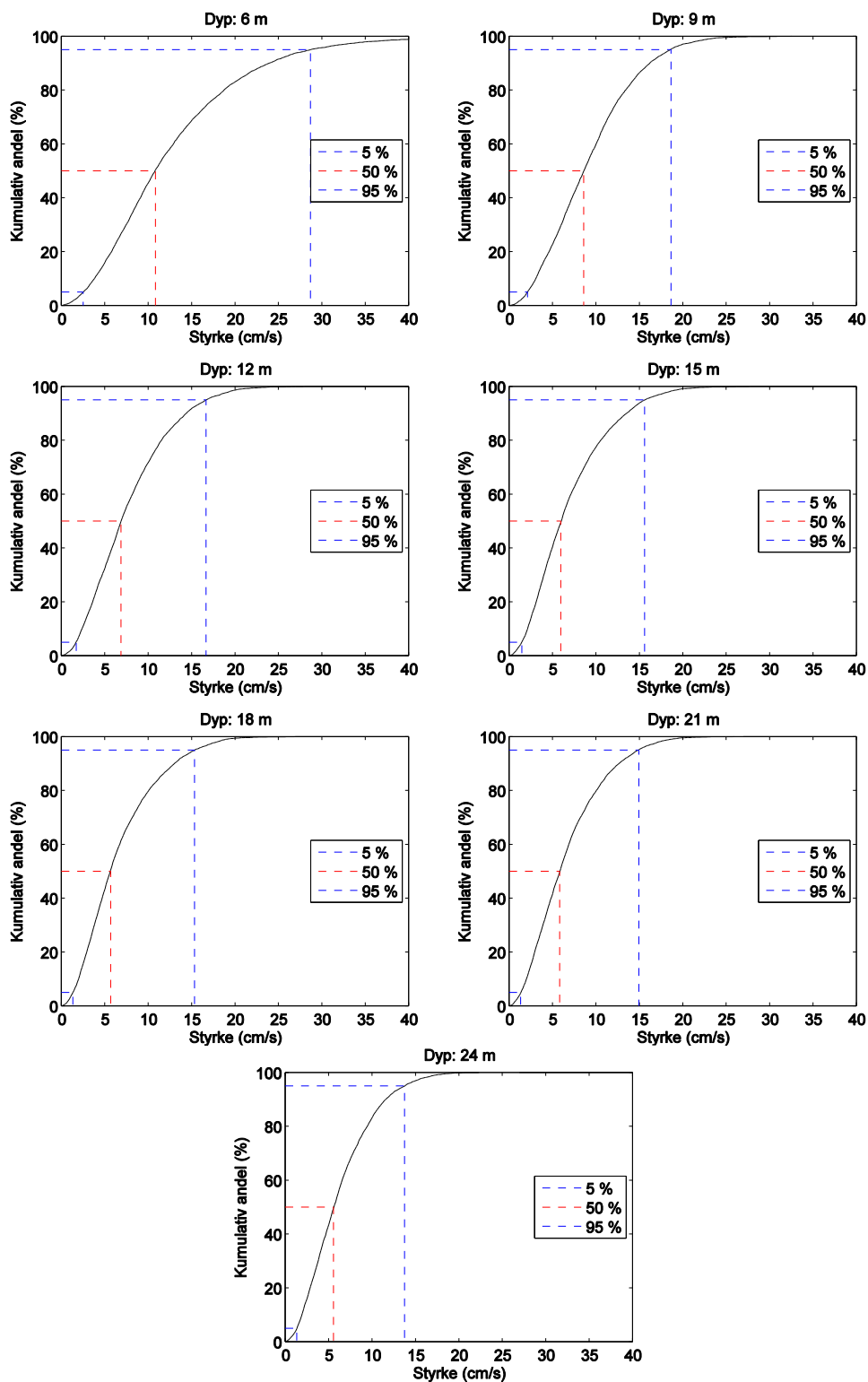
# Appendiks 1



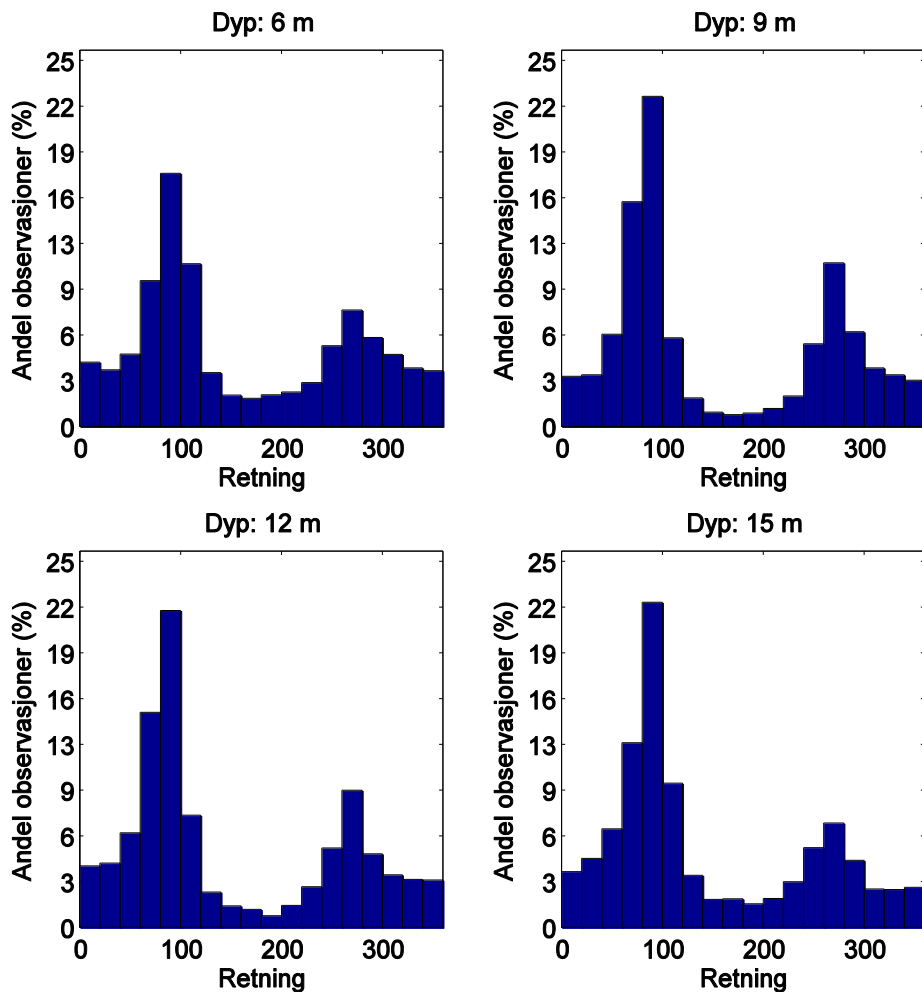
Figur 9. Strøm uavhengig av retning på dyp 6 m, 9 m, 12 m, 15 m og 18 m. Dyp, middelveidi ± standardavvik, samt maksimumsstrøm er gitt over hver figur.



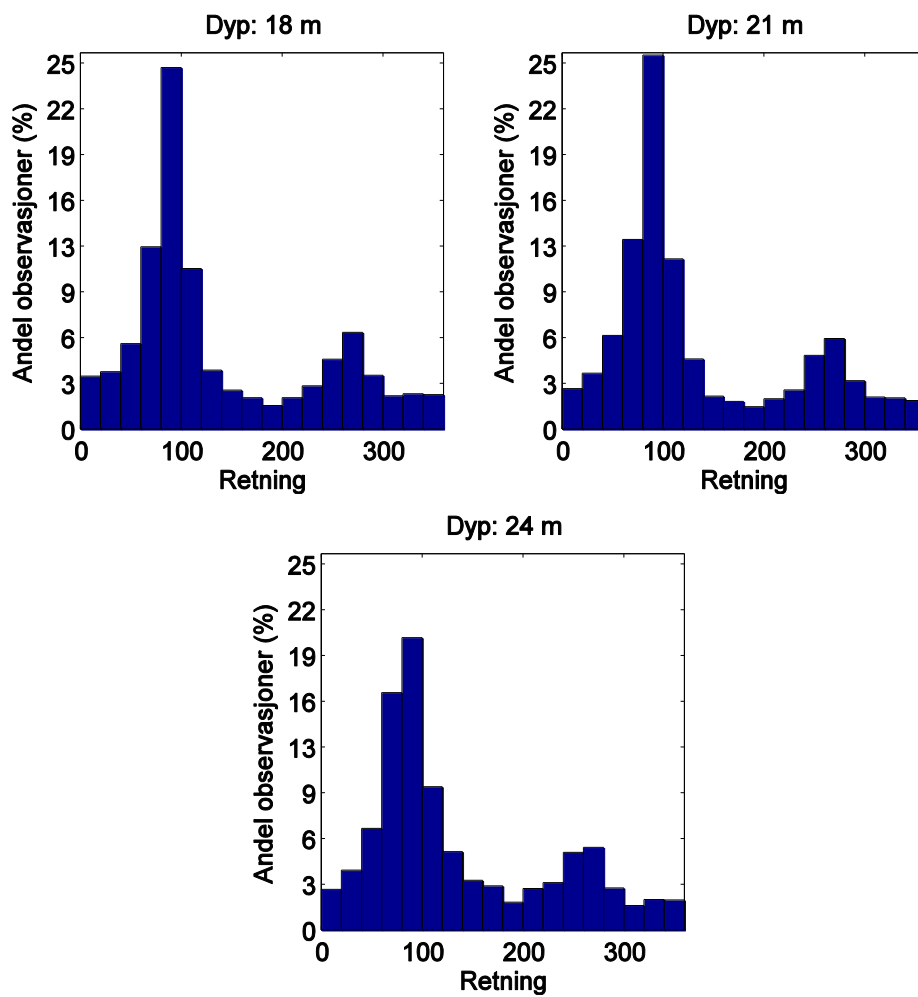
*Figur 10. Samme som Figur 9 bare for dyp 21 m og 24 m*



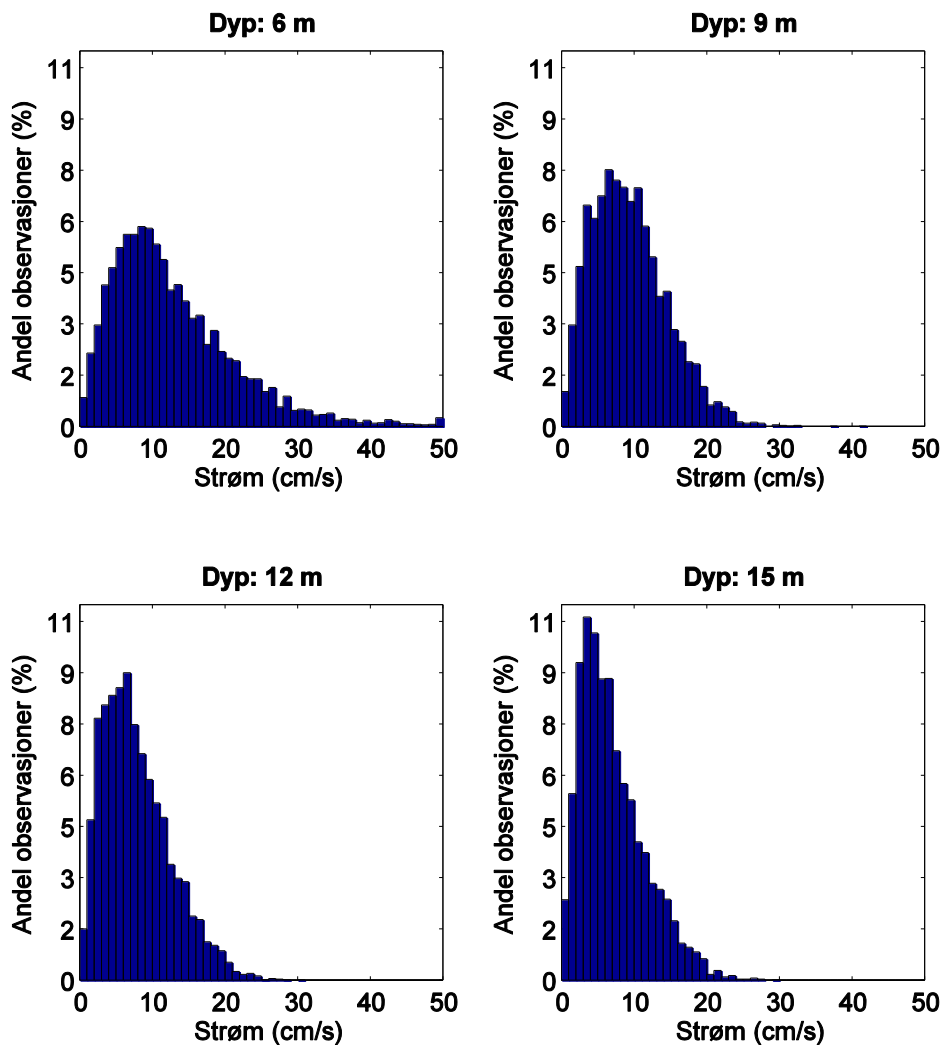
Figur 11. Prosentvis kumulativ fordeling av strømsstyrke for alle dyp. Stiplet rød linje markerer 50 % grensen (50 % av strømmålingene var lavere enn denne verdien). Nedre stiplet blå linje markerer 5 % grensen og øverstiplet blå linje markerer 95 % linjen (disse verdiene samsvarer med de bruk i Figur 3).



Figur 12. Histogram med fordeling av strømstyrke for dyp 6 m, 9 m, 12 m, og 15 m.

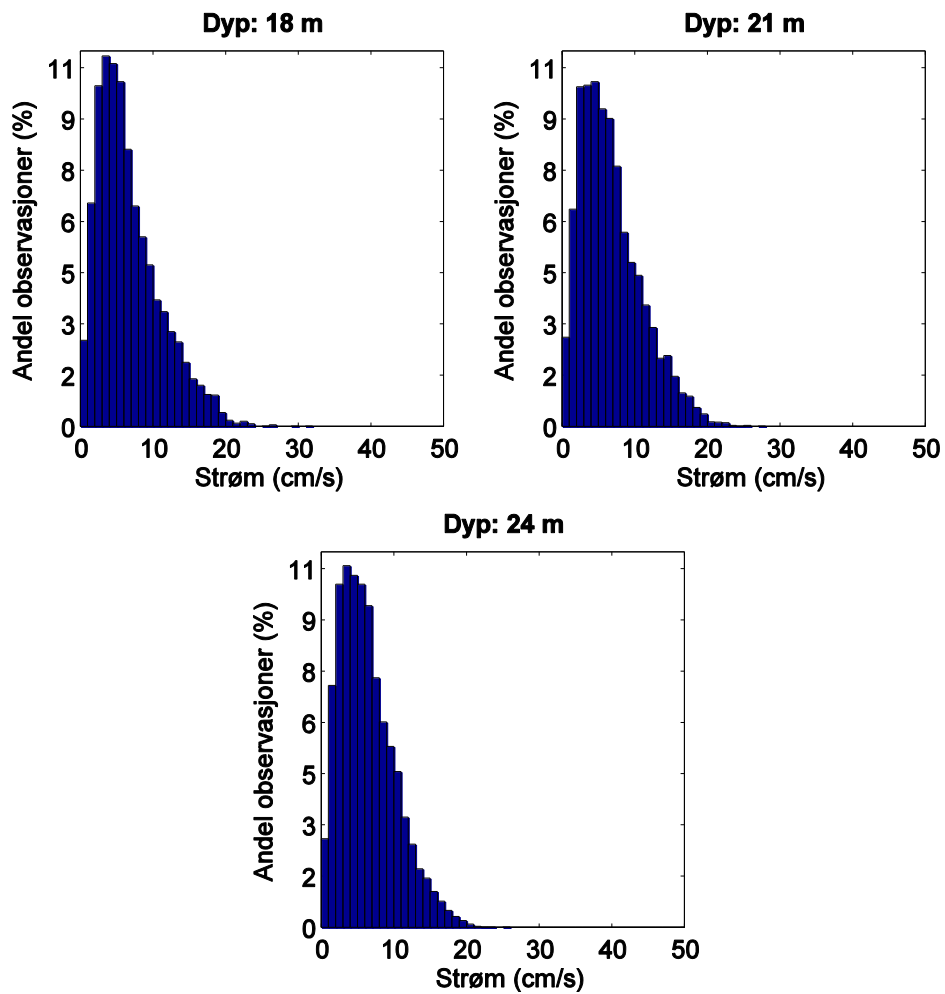


Figur 13. Samme som Figur 12 bare for dyp 18 m, 21 m og 24 m.

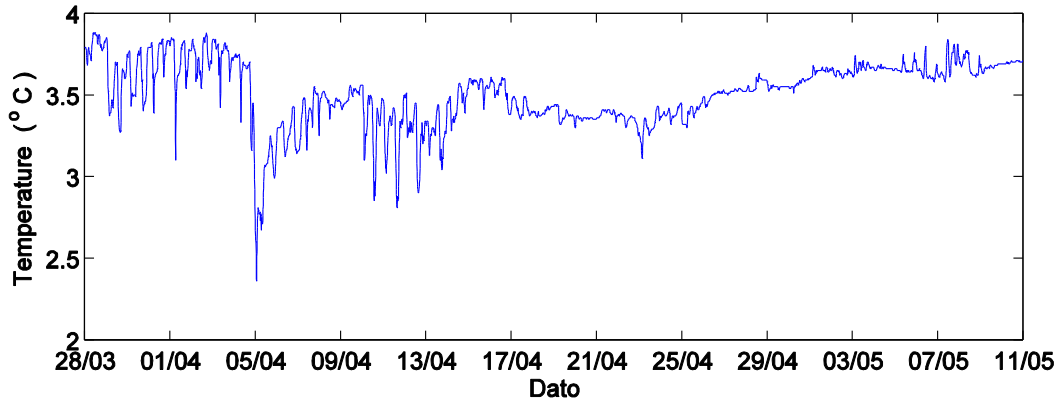


Figur 14. Histogram med fordeling av strømstyrke for dyp 6 m, 9 m, 12 m, og 15 m.

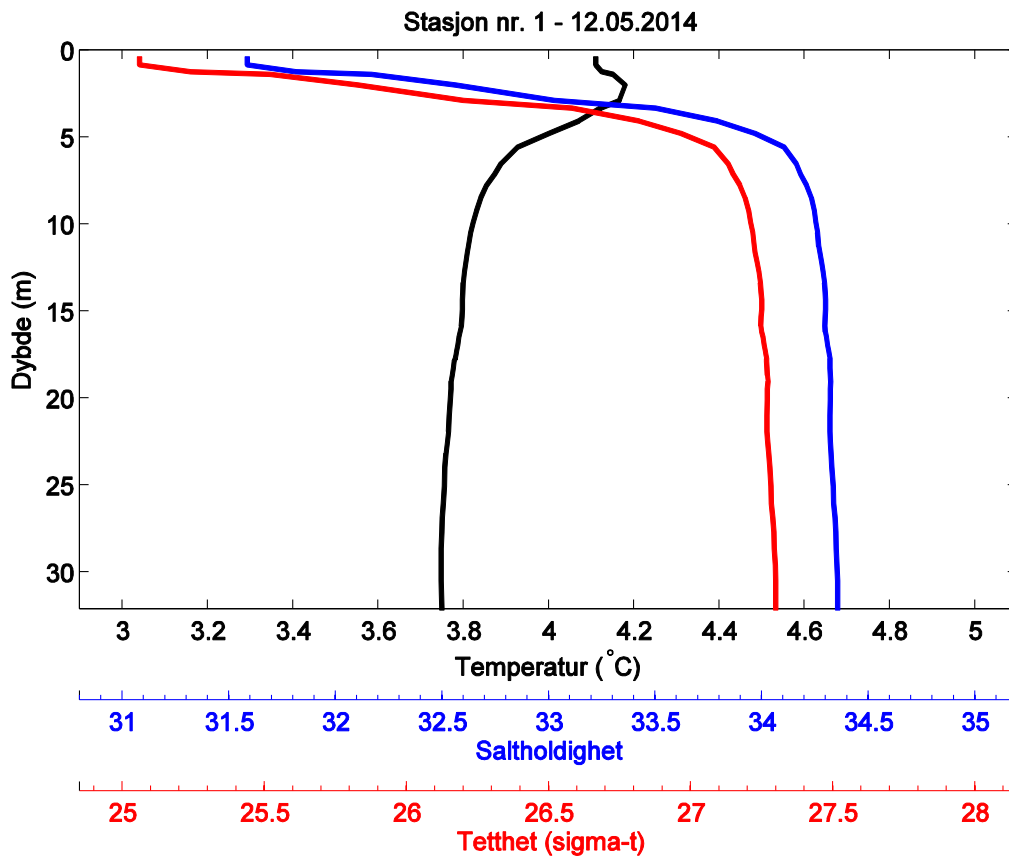




Figur 15. Samme som Figur 14 bare for dyp 18 m, 21 m og 24 m.



Figur 16. Temperatur i måleperioden. Temperatursensoren var montert på instrumentet og målte på ca. 25 m dyp.



Figur 17. Vertikalprofiler av temperatur, saltholdighet og tetthet (sigma-t). Målingene ble utført på posisjonen til strømmålerriiggen 12.5.2014.